

جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الثامنة من السنة الرابعة عشرة

١٢١

محاضرة

عن النحر خلف القناطر

لحضرة الأستاذ حسين حفنى

أستاذ الرى بمدرسة الهندسة الملكية

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ١٢ ابريل سنة ١٩٣٤

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر لصاحبها محمود الخضرى

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شيني) ويرسل رسمها .



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الثامنة من السنة الرابعة عشر

١٢١

محاضرة

النحر خلف القناطر

لحضرة الأستاذ حسين حفنى

أستاذ الرى بمدرسة الهندسة الملكية

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ١٢ أبريل سنة ١٩٣٤

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر لصاحبها محمود الخضرى



معالى الرئيس

حضرات السادة

محاضرة اليوم عن النحر خلف القناطر

وسأبحث الموضوع على الترتيب الآتى :—

أولا . وقاية قاع المجرى خلف الهدار أو القنطرة كما نفذت عملياً بالطبيعة

ثانياً . النحر من الوجهة النظرية والمسافة التى يحصل فيها النحر خلف أعمال الحجز

ثالثاً . دراسة النحر خلف القناطر والهدارات بواسطة تجارب على النماذج

رابعاً . وصف التجارب التى عملت بمعمل الرى بمدرسة الهندسة الملكية ونتائجها

(١) وقاية قاع المجرى خلف الهدار أو القنطرة كما نفذت عملياً بالطبيعة

أن مسألة وقاية قاع المجرى خلف أعمال الحجز من المسائل التى شغلت المهندس منذ بدأ فى إقامة هذه الأعمال سواء للرى أو توليد القوى المائية أو الملاحة حتى يضمن سلامة المبنى من السقوط أو جوانب المجرى من الانهيار وقد بدأ بعمل هذه الوقاية بطريقة مباشرة بواسطة عمل فرش متين من الخرسانة أو البناء يمتد لمسافة ما خلف القنطرة وذلك لأبعاد النحر عن موقعها فاذا ما حصل نحر بقاع المجرى بعد نهاية هـذا الفرش ملىء بالأحجار وهكذا سنة بعد أخرى . وهذه الطريقة متبعة فى مصر حيث يعمل جس بعد فيضان كل عام خلف القناطر لملء البيارات بالأحجار وفى حالة القناطر الكبيرة المقامة على النيل وضعت كتل خرسانية كبيرة حتى لا تقوى المياه على نقلها ثم يوضع خلف ذلك آلاف من الأمتار المكعبة من الأحجار وهذه الطريقة فضلا عن أنها تكلف نفقات باهظة فانها لا تمنع النحر بقاع المجرى إلا إذا امتدت الوقاية إلى مسافة طويلة جداً خصوصاً فى تربة ضعيفة كقاع مجرى النيل .

ولما وجد أن امتداد الفرش لا يفى بالغرض المقصود فكر فى وقاية القاع بطريقة غير مباشرة وذلك بتقليل طاقة المياه فوق الفرش حتى تصل القاع المجرى عند نهايته و بذلك تكون قد فقدت معظم طاقتها التى اكتسبتها فى السقوط ولهذا الغرض أقيمت عوائق فى طريق المياه مكونة من كتل بارزة فوق منسوب الفرش تصطدم معها المياه وتفقد جزءاً من طاقتها وقد استعملت هذه الطريقة عند ترميم قناطر اللاهون القديمة (شكل رقم ١)

ويجدر أن نشير إلى بعض الابحاث التاريخية الخاصة بالنحر خلف أعمال الحجز إذ يرجع ذلك إلى النصف الأول من القرن الماضى عند مابدىء فى الاهتمام بتعديل الأنهار وأراد المهندسون المشتغلون بذلك وضع قواعد لهذا الغرض فأدى بهم البحث لملاحظة سير المياه بالأنهار وقت الفيضان والتحاريق لتنفيذ أعمال التعديل طبقاً لهذه الملاحظات وتوصلوا للقاعدة الأساسية التى تشير بالاحتفاظ على قدر المستطاع بحالة النهر الطبيعية بحيث لاتكون أعمال التعديل سبباً فى تغير اتجاه التيار أوسرعة المياه بالمجرى تغيراً فجائياً فيختل التوازن وينشأ عنها بعض الضرر ما لم تعمل لها وقاية كافية بتكاليف كبيرة - وعلى أساس هذه النظرية أراد مينار (Minard) فى سنة ١٨٤١ أن يصمم فرش الهدارات فاقترح أن يكون الفرش على شكل النحر المنتظر حصوله خلف موقع الهدار وجمع لهذا الغرض عدة منحنيات للنحر الذى حصل لبعض الأعمال المقامة وقت ذاك إلا أن تكاليف تنفيذ هذا التصميم نظراً لعمق الأساس لم تجعل الفكرة تنفذ بتمامها بل نفذت بطريقة جزئية فى حالات كثيرة على الطبيعة بأن جعل منسوب الفرش أوطى من منسوب قاع المجرى ثم إعطائه من نهايته الخلفية ميلا تصاعديا لغاية منسوب القاع وبذلك يتكون حوض خلف الهدار فيه بعض الشبه من منحنى النحر وانشئت مساقط عديدة بالبنجاب فى الهند بهذه الطريقة حيث يسمى هذا الحوض بالوسادة المائية (Water Cushion) وتفقد فيه طاقة المياه أو معظمها قبل نهايته فيقل النحر ووصفها باركر (Parker) فى كتابه

بما يأتى : (The Control of Water)

« A large volume of water is thus secured in which the falling water can expend its energy ».

وأعطى القاعدة الآتية لأبعاد هذه الوسادة المائية

$$l = 2\sqrt{hd}$$

$$\delta = \frac{h + d}{3}$$

« l » عبارة عن طول الوسادة

« h » » » ارتفاع الهدار

« δ » » » عمق الوسادة عن منسوب القاع

« d » » » عمق المياه بالمجرى

كما أن الأستاذ Rehbock الألمانى أعطى القانون الآتى لبيان المكعب اللازم للمياه فوق هذا الحوض لفقد جميع طاقة المياه

$$V = 3.6\ Q\sqrt{\frac{h}{g}} \quad \text{to} \quad 7\,2\ Q\sqrt{\frac{h}{g}}$$

« Q» عبارة عن مقدار تصرف المجرى

« h » » » السقوط

« g » » » العجلة الأرضية

وأخيراً أعطى Shocklitch المتساوى الأبعاد الآتية لهذا الحوض

$$l = 2\,d \quad , \quad \delta = 0.2\,d$$

« l » عبارة عن طول الحوض

« d » » » عمق المياه بالمجرى

« δ » عبارة عن عمق الحوض تحت منسوب القاع

وقد أيدت التجارب فيما بعد صحة هذه النظرية كما سنرى ذلك

وفى سنة ١٩١٧ أعاد المهندس Roth بزوريخ احياء فكرة مينار على اعتبار أن هندسة الأساسات تقدمت وأصبح من السهل بناء الفرش على منسوب واطى بتكاليف قليلة نسبياً وجمع لهذا الغرض منحنيات كثيرة للنحر خلف القناطر والهدارات بسويسرا (شكل رقم ٢)

(٢) النحر من الوجهة النظرية والمسافة التى يحصل فيها خلف أعمال الحجز

تصل قطاعات الأنهار لحالة التوازن عند ما تمر بها مياه التحاريق أو الفيضان دون أن تؤثر عليها بالنحر أو الرسوب أو بعبارة أخرى عند ما تصبح مقاومة تربة القطاع للنحر معادلة لأكبر طاقة للمياه المارة به وسرعة هذه المياه كافية لحمل الطمى الوارد معها

فاذا أقمنا هدارا أو قنطرة على مجرى تنطبق عليه الشروط المذكورة بحيث يتواجد فرق توازن بين الأمام والخلف فأن المياه المارة فوق عتب الهدار أو داخل فتحات القنطرة تكتسب طاقة اضافية تنحر قاع المجرى خلف العمل مباشرة ويزداد مقدار هذا النحر بزيادة طاقة المياه المكتسبة فى السقوط والعوامل التى تؤثر على ذلك هى : —

(١) نوع التربية

(٢) مقدار التصرف

(٣) مقدار السقوط

(٤) الوقت (إلى أن يصل منحنى النحر إلى حالة التوازن)

(٥) شكل البناء

ويلاحظ من الشكل (رقم ٣) المبين عليه النحر خلف هدار بدون وقاية للقاع ما يأتى :

(أولا) يستمر النحر خلف الهدار حتى يصل الى حالة ثابتة على شكل منحنى تفقد فيه جميع طاقة المياه (المكتسبة فى السقوط) بالاحتكاك

(ثانياً) تتكون خلف الهدار تيارات دائرية حول محور أفقى من نوعين . الأولى سطحية وهى التى تفقد بواسطتها طاقة المياه بالاحتكاك والثانية سفلية فى اتجاه ضد الأخرى وتنحر القاع وتحمل معها مواد التربة إلى أن تأخذها المياه فى سيرها المعتاد إلا إذا وجدت منطقة هدوء فترسب فيها .

(ثالثاً) نظراً لتكوين التيارات السطحية فان طاقة المياه تقل تدريجياً كلما بعدت عن موقع الهدار حتى تصل على بعد ما إلى طاقة المياه المعتادة فى المجرى قبل إقامة الهدار وعند هذه النقطة ينتهى النحر

ويمكن تعيين هذا البعد بدراسة منحنى السرعة فى قطاعات مختلفة وبمقارنتها بمنحنى السرعة فى القطاع الطبيعى إذ من المعلوم أن أكبر سرعة فى القطاع هى عادة بالقرب من سطح المياه وأقل سرعة عند القاع إلا أن تكوين التيارات المذكورة يغير شكل منحنى السرعة فى المسافة التى يحصل فيها النحر كما يتضح من شكل (رقم ٤) إذ قيست السرعة فى نقط مختلفة بواسطة أنابيب بيتو Pitot ورسمت منحنيات السرعه فى قطاعات على

أبعاد من موقع الهدار ثم رسم خط يبين أكبر سرعة للمياه وهذا الخط يكون قريباً من القاع بالقرب من الهدار ثم يرتفع تدريجياً حتى يقرب من سطح المياه عند ما تعود إلى التصرف الطبيعى فى المجرى (هذا الرسم مأخوذ من تجارب قام بها المهندسان جرونر ولوخر بيال)

ويمكن الوصول إلى معرفة نهاية النحر بتعيين خط طاقة المياه أو الخط الذى يرتفع عن سطح المياه بمقدار $\frac{V^2}{2g}$ والشكل رقم ٥ يبين سير المياه خلف هدار بعمق صغير وسرعة كبيرة لمسافة ما ثم تحدث قفزة مائية (موجة ثابتة) ويبدأ من هنا تكوين التيارات السطحية التى تفقد بواسطتها طاقة المياه وبمقارنة ذلك بشكل رقم ٦ نجد فرقاً ظاهراً فى طول المسافة التى تعود فيها المياه لسيرها الطبيعى لأنه فى الحالة الأولى لا يبدأ الفقد المحسوس إلا بعد تكوين الموجة الثابتة

ومما تقدم يتضح أن النحر يحصل فى المسافة بين موقع الهدار والنقطة التى تعود عندها المياه إلى سيرها الطبيعى سواء فى طاقتها أو فى شكل منحنى السرعة بها وهى المسافة التى تحتاج لوقاية قاع المجرى فيها لسلامة المبنى والجوانب

(٣) دراسة النحر خلف القناطر والهدارات بواسطة تجارب على النماذج

مما لا شك فيه أن ملاحظة الطبيعة ومجاراتها هو خير مرشد للمهندس فى تصميماته خصوصاً ما يتعلق بالمياه وحركتها وتأثيرها على قطاع المجرى

وقد أصبحت هذه الملاحظة سهلة وميسورة على النماذج بتكاليف بسيطة خصوصاً فى الحالات التى تحتاج إلى تغييرات كثيرة فى التصميمات للوصول إلى الحل المناسب حيث يصعب أو يستحيل عمل ذلك على الطبيعة وأهم ما تحسن الاشارة اليه فى حالة استعمال النماذج هو أن يكون التشابه تاماً بين النموذج والطبيعة سواء فى الشكل أو فى حركة المياه بحيث لا يقل مقياس النموذج إلى درجة تصبح فيها حركة المياه لاميناريه فيكون النموذج عديم الفائدة

و بما أن الفقد فى المنسوب « Loss of Head » فى حالة حركة المياه التربولانتية (حركة المياه المعتادة فى الترع والأنهار) يتناسب مع خشونة القطاع المغمور فأذا طبقنا قانون التشابه بالضبط كان من الضرورى تقليل خشونة النموذج بنسبة مقياسه و بما أن ذلك لا يتيسر عمليا فأنه فى حالة الأنهار وتأثير المياه على قطاعها تكون نتائج التجارب نسبية فقط ولأجزاء قصيرة حتى لا يكون فقد الاحتكاك كبيراً

وتنقسم التجارب المائية إلى قسمين : —

الأول — تجارب هيدروليكية بحتة وهى خاصة بتأثير الأعمال الصناعية على المياه باعتبار أن القاع والجوانب ثابتة وهذا النوع من التجارب لا تعترضه صعوبات كثيرة ويمكن الأعتماد على نتائج التجارب المدنية إذ تتفق مع الطبيعة ما دام مقياس النموذج خاضعاً لقانون التشابه وتبحث هذه التجارب فى الأعمال الآتية :

(١) معرفة تصرفات الهدارات والقناطر بمناسيب وحالات مختلفة (تعبير).

(ب) معرفة الفقد فى منسوب المياه بمرورها فى القناطر والبرابخ والسحارات . . . الخ

(ج) أشكال الهدارات والقناطر وباقى الأعمال الصناعية وتأثيرها على معامل التصرف

والثانى — يبحث فى تأثير المياه على القاع والجوانب وينقسم إلى قسمين أحدهما خاص بتعديل الأنهار والطمى والآخر خاص بالنحر وهو موضوع بحثنا

بدىء العمل بصفة جدية فى بحث النحر بمعامل اوربا فى سنة ١٩١٥ حيث توصل هوف باور فى معمل جراتز الى تقليل النحر بنسبة محسوسة بواسطة فرش خشبى مكون من كمرات فى اتجاه المجرى مربوطة بأخرى عرضية وهذا الفرش يتحرك حول محور مثبت بين البغال فى نهاية الفرش البنائى وجرب فعلا هذا الفرش الخشبى فى عدة أعمال على الطبيعة بنتيجة مرضية .

وفى سنة ١٩١٨ قام جرونر ولوخر المهندسان السويسريان بعمل تجارب على النحر خلف القناطر ومن ضمنها التحقق من فائدة الفرش المذكور وصلاحيته فى تقليل النحر . والرسومات التى على الرسم رقم ٧ تبين نتيجة التجارب المذكورة وقد تنفذ الفرش الخشبى المشار اليه فى بعض الحالات مثبتاً على خوازيق خشبية لتلافى حركته حول المحور الذى لم يكن من السهل صيانته

وحوالى ذلك الوقت رأت لجنة تعديل نهر الألبا تطبيق النماذج على

تصميم الهدارات قبل تنفيذها بأمل الحصول على شكل للهدار وفرشه لوقاية قاع المجرى من النحر على قدر المستطاع ونتيجة تجارب اللجنة مبينة بالرسم رقم ٨ ومبين أيضاً رسم الهدار كما تنفذ بالطبيعة

وفى سنة ١٩٢٦ أعاد الأستاذ لودين بعمل برلين تحقيق هذه النتيجة وخلاصتها توطية منسوب الفرش عن قاع المجرى وإقامة عتب فى نهايته سطحه بمنسوب القاع وقد طبق الأستاذ لودين هذا التصميم على أعمال Shannon بأرلندا عند ما عهد اليه عمل تجارب عليها فى سنة ١٩٢٨

وفى سنة ١٩١٧ طبق الأستاذ Rehbock هذا التصميم عند ما عهد اليـــه عمل تجارب لأقامة نفق تحت مجرى السيل بزوريخ يحتاج لرفع منسوب القاع بمقدار ٤و٦٢ مترا بتعديل نهايته الخلفية بميل تصاعدى بين الفرش وقاع المجرى حتى لا ترسب المواد التى تحملها المياه كالطمى والرمل والزلط . . . الخ إذ كان ذلك شرطا أساسياً مع ضرورة الأقتصاد التام فى الطول (شكل رقم ٩)

وفى نفس السنة المذكورة أتم الأستاذ Rehbock بحثه فى التيارات الذى بدأه فى سـنة ١٩١٠ ويعتبر هذا البحث من المراجع القيمة التى يعتمد عليها معظم المشتغلين فى موضوع النحر فى معامل أوربا

واستمر الأستاذ المذكور بعد ذلك فى تجاربه على النحر خلف القناطر والهدارات للوصول إلى أرخص طريقة لوقاية قاع المجرى من النحر الذى يحصل بعد الفرش مباشرة وكانت نتيجة تجاربه أنه إذا وضع عتب مسنن فى نهاية الفرش الأصم يقل النحر بمقدار ٦٠ إلى ٧٥ فى المائة من قيمته عند

عدم وجود العتب وقد قرر جرونر أن العتب المعتاد فى نهاية الفرش يقلل النحر بمقدار ٥٠ فى المائة (شكل ١٠ ، ١١ ، ١٢)

وتأثير العتب بصفة عامة سواء كان عاديا أو مسننا يمكن تلخيصه بما يأتى : —

يعترض العتب المياه المارة بسرعة كبيرة فوق الفرش فيقللها ويحول اتجاه سيرها لجهة السطح وبذلك يساعد على انتظام منحنى السرعة كما فى المجرى الطبيعى بالقرب من موقع العتب . وفضلا عن ذلك فان التيارات السفلية التى تتكون خلف العتب تحمل معها مواد القاع إلى جهة العتب فلا تجد تيارات مباشرة لحملها مع سير المياه (كما هو الحال فى نهاية الفرش المعتاد) فترسب على شكل منحنى يبدأ عند العتب

وكلما زادت قوة التيارات السفلية المتكونة خلف العتب كلما زاد النحر خلفه وهنا تظهر فائدة العتب المسنن حيث أن المياه المارة من فتحاته تضعف قوة التيارات السفلية فتقلل النحر

والفائدة الثانية للعتب المسنن هى مرور الطمى دائما من فتحاته وعدم رسوبه أمامه كما يحتمل حصوله أمام العتب المعتاد فيقلل من تأثيره خصوصاً فى التصرفات الصغيرة إذ أن كل عقبة فى طريق المياه تساعد على رسوب الطمى ولذلك رأينا فى تجارب Rehbock كيف أعطى لنهاية الفرش ميلا تصاعديا للمساعدة على عدم رسوب الطمى عند ما جعل فرش الهدار اوطى من منسوب قاع المجرى

وهذا التعليل كما أيدته التجارب يدعو الى تفضيل العتب المسنن على

العتب المعتاد إذا سمحت الظروف باستعماله

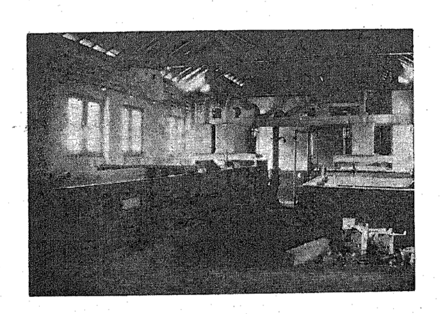
وقد أيدت التجارب التى قام بها الدكتور حسن زكى بقناطر الدلتا فائدة اقامة العتب المعتاد فى نهاية الفرش فى تقليل النحر بقاع المجرى . ونشر جناب المستر اتكنسون والمستر بوتشر نتيجة هذه التجارب فى جمعية المهندسين الأنجليزية فى سنة ١٩٣٢ كما أن حضرة صاحب العزة حسين سرى بك أشار اليها فى الجزء الثانى من كتابه « علم الرى »

(٤) التجارب التى عملت بمعمل أبحاث الرى بمدرسة الهندسة الملكية ونتائجها

منذ ان عهد الىّ بتدريس تصميم أعمال الرى بمدرسة الهندسة الملكية واجهت صعوبة تصميم فرش القناطر المصرية لوقاية قاع المجرى من النحر ولم يكن من السهل إعطاء رأى صريح من هذا القبيل اذ أن القناطر الهامة التى أنشئت فى السنين الأخيرة نفذت بنفس النظام القديم بامتداد الفرش لمسافات طويلة مع استعمال الكتل الخرسانية والتكسية على الناشف . . . الخ مما هو معلوم للجميع ومن هذه الاعمال قناطر كفر بولين وقناطر نجع حمادى وقد نشر عن كليهما وصف مطول بمجلدات جمعية المهندسين الانجليزية وتقارير وزارة الأشغال

هذا عدا القناطر الأخرى الأقل أهمية من السابقة التى أنشئت فى المشروعات الجديدة كقناطر الراهبين وغيرها ولذلك لم يكن من السهل تطبيق المعلومات التى ذكرتها فى مبدأ المحاضرة على التصميمات التى يقدمها الطلبة فى مشروعاتهم مكتفياً بالاستدلال على ماتم بالخارج ومن الوجهة النظرية

وبمجرد إتمام معمل الرى بمدرسة الهندسة بادرت بعمل سلسلة تجارب لمقارنة تصميمات مختلفة لفرش القناطر المصرية على أمل الوصول إلى أنسب شكل وأقصر طول بحيث يكون النحر الذى يحصل بقاع المجرى خلفه أقل مما هو فى التصميمات الحالية وبذلك يكون التحسين مزدوجا أى وفر فى التكاليف مع وقاية أتم للقاع



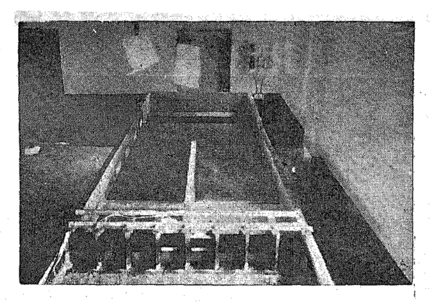
شكل نمرة (١٣) — مجرى التجارب بمعمل الرى

ولهذا الغرض انتخبت قناطر نجع حمادى للتجارب عليها على اعتبار أنها آخر قنطرة أقيمت على النيل وأدخل فى تصميمها عدة تحسينات لتلافى العيوب التى ظهرت فى القناطر السابقة لها ومن ضمن هذه التحسينات امتداد الفرش من بادىء الأمر وقت الانشاء حتى لا تدعو الحال كما حصل سابقاً لامتداده بعد التنفيذ ومع ذلك فمتاعب النحر خلف قناطر نجع حمادى تشغل وزارة الأشغال كباقى القناطر الأخرى

وبما أن تصميم فرش القناطر المقامة على تربة رملية ضعيفة كقاع النيل يتأثر بعاملين

الأول : (التسرب تحت الفرش)

والثاني : النحر بقاع المجرى خلف نهاية الفرش



شكل نمرة (١٤) — مجرى التجارب خلف النموذج

ولما كان طول الفرش اللازم ليفي بالشرط الأول يصمم طبقاً لنظرية Bligh باعتبار أن الانحدار الهيدروليكي للمياه المتسربة تحت الفرش هو ١ إلى ١٨ فى تربة قاع النيل بمعنى أن طول الفرش الأصم للقنطرة يكون ١٨ فى أكبر فرق للتوازن المطلوب من القنطرة حجزه وعلى هذا الأساس عمل الفرش الأصم لقناطر نجع حمادى وبما أنه لم تعمل بعد تجارب لمخالفة هذه القاعده أو تعديلها ولم تظهر عيوب للأعمال التى صممت على أساسها لذلك اعتبرت أن أقصر طول تجرى التجارب عليه هو طول الفرش الأصم للقناطر كما نفذت حتى نكون قد وفينا شرط التسرب لوقاية فرش القنطرة .

وطول هـــذا الفرش هو ٥٨ متراً منها ٣٠ متراً تمتد خلف نهاية البغال فاعتبرت فى جميع التجارب أن أقصر طول للفرش هو ٣٥ متراً خلف نهاية البغال أى بزيادة خمسة أمتار عن التصميم

ومن تقرير حضرة صاحب العزة نجيب ابراهيم بك نستمد البيانات الآتية :ـــ

أكبر حجز على القنطرة هو ٤٫٥٠ متراً فى مدة التحاريق و٤٫٠٠ متراً وقت الفيضـان الواطى عند ما يكون منسوب النيل خلف القناطر ٦٣٫٠ ومنسوب الأمام لأتمام الرى ٦٧٫٠

وتصرف مثل هذا الفيضان ٣٨٠٠ مترا مكعباً فى الثانية

منسوب فرش العشر فتحات المجاورة للهويس ٥٨٫٥

« « « « التى تليها ٥٩٫٥

« « باقى الفتحات وعددها ٨٠ فتحة ٦٠٫٥

فاكبر طاقة للميـاه المارة بالقنطرة تكون وقت فيضـان منخفض حيث يكون مقدار التصرف مضروبا فى السقوط نهـاية عظمى وبما أن العوامل الأخرى ثابتة لذلك انتخبت هذه المناسيب والتصرفات لتكون ثابتة فى جميع التجارب لمقارنة الحالات المختلفة بعضها ببعض كما هو المقصود من هذه التجارب

عملت التجارب على نموذجين الأول يمثل الفتحات ذات منسوب ٥٨٫٥ والثانى يمثل الفتحات ذات منسوب ٦٠٫٥ على اعتبار أن الفتحات التى بمنسوب ٥٩٫٥ تأتى بين الحالتين

مقياس النموذج ١ : ٤٠ من الطبيعة ومكون من ثمانية فتحات والرمل الذى استعمل بقاع مجرى التجارب لتمثيل قاع النهر عبارة عن رمل ناعم يمر فى منخل ٢٥ فى البوصة ويحجز معظمه فى منخل ٥٠ فى البوصة وقد اتبعت الطريقة الآتية فى جميع التجارب وهى تسوية الرمل بقاع مجرى التجارب خلف الفرش ثم ملء المجرى بالمياه ببطء وترك الرمل مغموراً لليوم التالى وعند بدأ التجربة يزاد التصرف تدريجياً مع تخفيض منسوب الخلف حتى نصل للمناسيب والتصرف حسب البيانات السابقة وبذلك نتلافى إزالة بعض الرمال عند بدأ التصرف بعمق قليل إذا بدأت التجربة والمجرى جاف (نظراً لنعومة الرمل)

وقد فرضنا أن التصرف موزع بانتظام على جميع فتحات القنطرة ويمر بين البوابة السفلى والعليا وعليه يكون التصرف المار فى ثمان فتحات هو $\frac{٣٨٠٠ \times ٨}{١٠٠}$ = ٣٠٤ م٣ فى الثانية على الطبيعة وهذا يعادل ٣٠ لتراً فى الثانية على النموذج

النموذج الأول : منسوب فرش الفتحات ٥ر٨٥ ويمتد الفرش أفقياً

وقد فرضنا أن منسوب قاع المجرى فى موقع القنطرة بمنسوب الفرش

عملت التجارب الابتدائية بطول الفرش الكامل كما تنفذ بالطبيعة أى بامتداد ٦٠ متراً خلف نهاية البغال واستمر التصرف حتى بدأت آثار النحر تظهر بالقاع وكان ذلك بعد مرور ٦٠ دقيقة من بدء التجربة (النحر حوالى ٣ ملليمترا على النموذج) فاعتبر هذا الوقت أساساً للمقارنة فى جميع التجارب (لوحة رقم ١)

ثم غير طول الفرش وجعل ٣٥ مترا خلف نهاية البغال (وهو الحد الأدنى الذى انتخب لطول الفرش فى التجارب) وجربت أشكال مختلفة للفرش بهذا الطول واستعمل نوعان من العتب أحدهما معتاد والآخر مسنن بتعديل لعتب الأستاذ Rehbock حتى تكون قوته فى المقاومة أكثر وقد استعمل هذا التعديل بعمل حكومة بروسيا ببرلين وقت ما كنت أعمل به سنة ١٩٢٧ - ١٩٢٨ وجرب فى عدة أعمال على الطبيعة

وقد وجد أنه لو قسم النموذج إلى قسمين بواسطة حائط فاصل يمتد لمسافة طويلة بحيث يكون كل قسم مكوناً من أربع فتحات فان المقارنة بين كل حالتين تصبح أدق لخضوع القسمين لنفس الظروف سواء فى مناسيب المياه أو الوقت أو طريقة تسوية الرمال . . الخ من العوامل التى تؤثر على النحر بالنموذج (لوحة رقم ٢)

وبالاطلاع على اللوحة رقم ٣ التى تبين المقارنة للنحر خلف عدة أشكال للفرش بطول واحد منها ثلاثة بها عتب فى نهايته يتضح : —

الفرش الحوضى الذى بمنسوب ٠و٧٥ أو ٥و١ متر تحت منسوب القاع كان كافياً لأن تتلاشى معظم طاقة الميـاه عليه حتى أن ما تبقى منها لم يتمكن من نحر القاع فى وقت التجربة وكذلك الفرش الذى بنهايته العتب المسنن فقد كان واقياً للقاع حيث أفاد فى تحويل سرعة المياه المارة فوق الفرش إلى السطح وعدل منحنى السرعة لانتظام التصرف

أما الفرش المستقيم والذى بنهايته عتب معتاد فقد حصل خلف كل منها نحر لا يمكن الاعتماد على قيمته العددية ولكن يلاحظ أنه كان هناك

تيارات سفلية تمكنت من نحر القاع بمقدار أكثر من السابق وصفه ولاختيار الفرش المناسب للتصميم انتخب الفرش الحوضى والفرش المستقيم الذى بنهايته عتب مسنن باعتبار أنهما أنسب الأشكال وقورن بينهما فى تجربة مستقلة استمر التصرف فيها طويلا وبعد مرور ثلاث ساعات بدأت آثار النحر تظهر خلف الفرش الحوضى وبعد خمس ساعات من بدء التجربة كانت النتيجة كما هو مبين باللوحة رقم ٤

وكان بالامكان أضافة عتب مسنن بنهاية الفرش الحوضى فى الجزء الذى بمنسوب القاع إلا أن المقصود من التجارب هو انتخاب أرخص فرش يؤدى إلى نتيجة مرضية لذلك أكتفى بما تقدم

ويستخلص أنه بمقارنة الفرش الذى بطول ٦٠ مترا بعد نهاية البغال مع الفرش الذى طوله ٣٥ مترا وبنهايته العتب المسنن نجد أن الأول ظهرت خلفه آثار النحر بعد ساعة واحدة والثانى لم تظهر خلفه آثار للنحر بعد مرور خمس ساعات لتصرف مستمر . لذلك يمكن انتخابه دون أى حاجة لكتل خرسانية أو أحجار أو خلافه كما فى التصميم الأصلى واقتصاد النفقات اللازمة لذلك

النموذج الثانى : منسوب فرش الفتحات ٥ و٦٠ وينحدر فى مسافة ٣٠ مترا حتى يصل إلى منسوب ٥ و٥٨ ثم يستمر أفقيا لباقى الطول الكلى ومقداره ٦٠ مترا خلف نهاية البغال

من الاطلاع على اللوحة رقم ٦ يلاحظ ما يأتى : —

النحر خلف الفرش الحوضى يكاد يكون مساويا للنحر خلف رالفش

الطويل إلا أن المهم فى هذه اللوحة هو مقارنة النحر خلف ثلاثة أشكال من الفرش بطول واحد حيث نجد أن مقدار النحر خلف الفرش المائل ١٠٠ ملليمتر وبتعديل شكله ليكون طول الجزء الأفقى منه ٢٩ مترا يقل النحر بمقدار ٧٢ فى المائة مما كان عليه (إذ يصبح ٨ ملليمترا فقط) وبتعديل ذلك أيضاً بتوطية منسوبه بمقدار ١و٥ متراً تحت منسوب القاع يقل النحر بمقدار ٤٦ فى المائة عن سابقتها (إذ يصبح النحر ١٥ ملليمترا)

وبملاحظة سير المياه وقت التجربة على اشكال الفرش السابق ذكرها يلاحظ تكوين قفزة مائية (موجة ثابتة) على الفرش المائل بعد نهاية البغال بحوالى ٨ أمتار وهذا مما يساعد على نقل طاقة المياه الى مسافة طويلة اذ لا يبدأ الفقد الا بعد موقع الموجة الثابتة وهذا من العوامل التى زادت فى مقدار النحر فى نهاية الفرش المائل .

أما فى حالة الفرش الحوضى والفرش الافقى الذى بمنسوب القاع فقد تكونت الموجة الثابتة قبل نهاية البغال الخلفية وبذلك تلاشى جزء كبير من طاقة المياه على الفرش وهذا هو السبب فى أن مقدار النحر قل فى هاتين الحالتين .

كما أنه لوحظ فى حالة الفرش المائل القصير زيادة النحر على الجانبين وتكوين جزيرة أعلى من منسوب القاع بينهما وامتداده على الفرش لمسافة ١٠ أمتار وهذا لعدم انتظام التصرف وتكوين تيارات عرضية وتيارات راجعة لوحظت بوضوح أثناء التجربة .

ومن ذلك يتضح جليا كيف يؤثر شكل الفرش على مقدار النحر

بقاع المجرى بهذه النسبة الكبيرة وأعتقد أن هذه النتيجة فى غاية الأهمية ويجب ملاحظتها عند تصميم فرش القناطر .

ومن الأطلاع على اللوحة رقم ٧ يلاحظ أنه بوضع عتب مسنن فى نهاية الفرش المائل يقل النحر بمقدار ٦٤ فى المائة مما كان عليه وبوضع نفس هذا العتب فى نهاية الفرش الأفقى الذى بمنسوب القاع نجد أن النحر أصبح ثلاثة ملليمترات فقط بعد وقت التجربة (المعتبر اساسا للمقارنة) .

وبمقارنة الأشكال الموجودة على اللوحة رقم ٧ يتضح أن أنسبها وأقلها فى تكاليف الأنشاء هو بلا شك الفرش الافقى الذى بنهايته العتب المسنن .

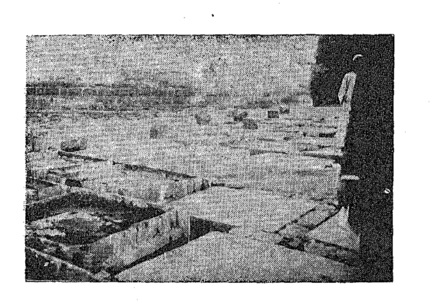
أما بخصوص طول الفرش وطريقة بنائه فأن الطول اللازم فى حالة تربة قاع النيل لايفاء شرط التسرب يكفى بحالة مرضية لتقليل مقدار النحر الى الحد الأدنى اذا اتبع فى طريقة تصميمه القواعد السابقة ويكون بناؤه بالخرسانة المغطاة بأحجار الجرانيت بدون استعمال كتل خرسانية أو احجار على الناشف اذ دلت التجارب على الطبيعة على أن هذه الكتل أو الاحجار لا تبقى فى موضعها بعد انشائها ويكفى أن يتغير موضع كتلة واحدة سواء بفعل المياه المباشر أو بأزالة الرمال من تحتها حتى يتغير وضع باقى الاحجار المجاورة ويصبح فى حالة غير ثابتة وربما كان ذلك سببا فى زيادة النحر بقاع المجرى

وعلى هذا الأعتبار يكون التصميم الذى اقترحه لقنطرة مشابه لقنطرة نجع حمادى حسب المبين على الرسم رقم ٨ ومعه التصميم الأصلى للمقارنة اذ أنه فضلا عن الأقتصاد فى نفقات الفرش بجعل طوله ٦٠ مترا بدلا من

١٠٦ وذلك بالأستغناء عن جميع الكتل الخرسانية والأحجار البالغ تكاليفها حوالى ١٧٧٠٠٠ جنيها مصريا فى قنطرة نجع حمادى فأن التجارب أظهرت أن النحر خلف الفرش القصير المقترح أقل من مقدار النحر خلف الفرش الاصلى الذى نفذ بالطبيعة لوحة رقم ٩

وبالرغم مما عمل للآن من الأبحاث الخاصة بوقاية قاع المجرى من النحر سواء على الطبيعة أو على النماذج فى المعامل المختلفة فأن المجال ما زال متسعا للوصول الى اقتصاد أتم فى نفقات انشاء كل عمل جديد وتقليل النحر إلى درجة تجعل أعمال الصيانة بتكاليف قليلة ويصبح العمل فى حالة أمان تامة من هذه الوجهة . ومع استمرار العمل فى معامل التجارب ومقارنة ذلك بالطبيعة فان هذا اليوم ليس ببعيد



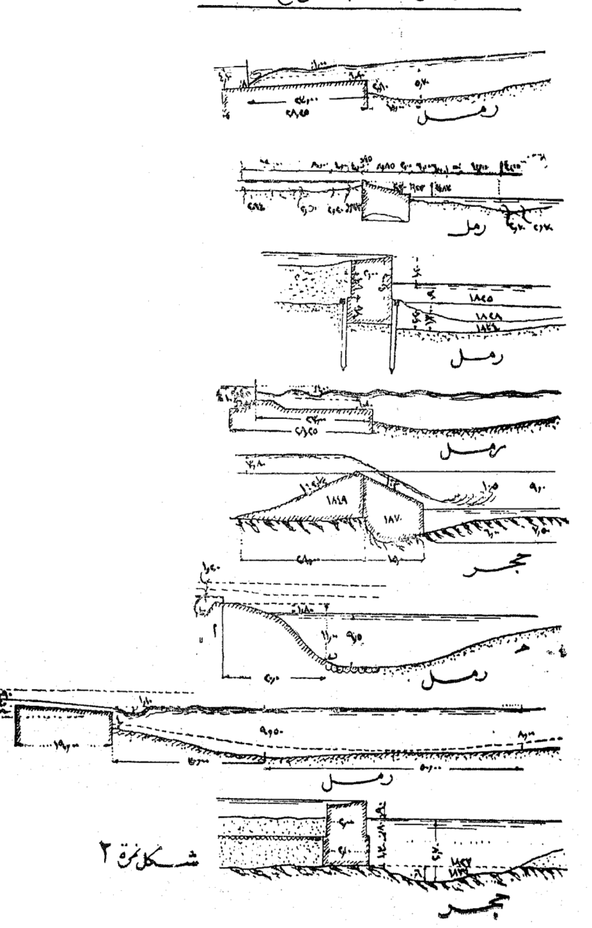


شكل ١

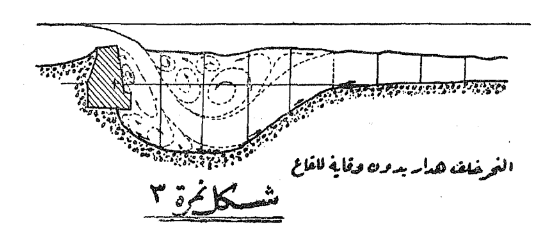
امتداد فرش قناطر اللاهون القديمة بواسطة بناء كتل
خراسانية وعمل كتل بارزة

منحنيات للنحر خلف القناطر والهدارات

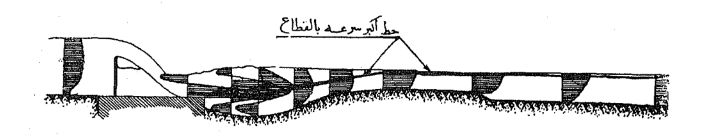
جمعها المهندس *Roth* طبقا لاقتراح *Minard*



شكل نمرة ٢

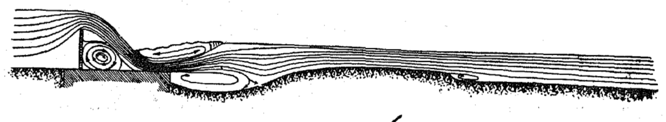


شكل نمرة ٣

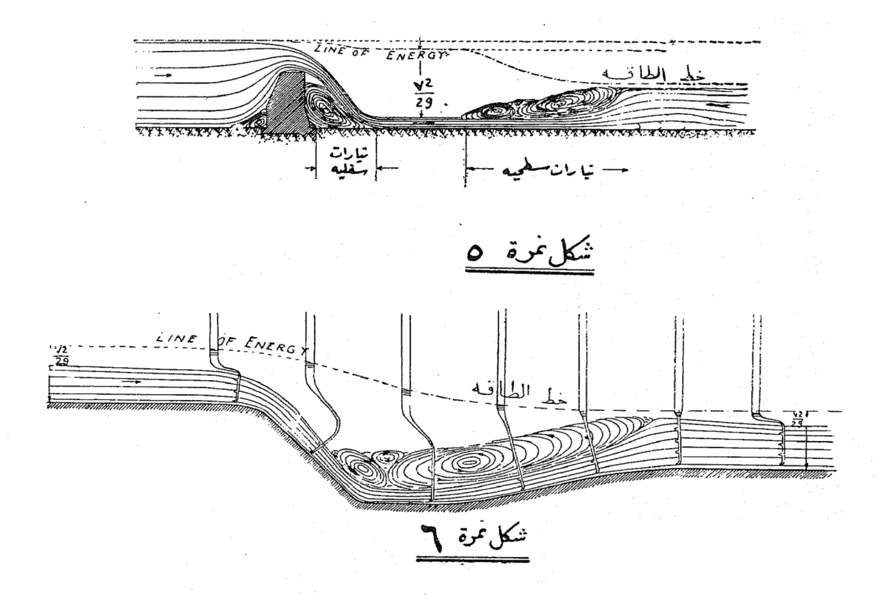


منحنيات السرعه خلف هدار

شكل نمرة ٤



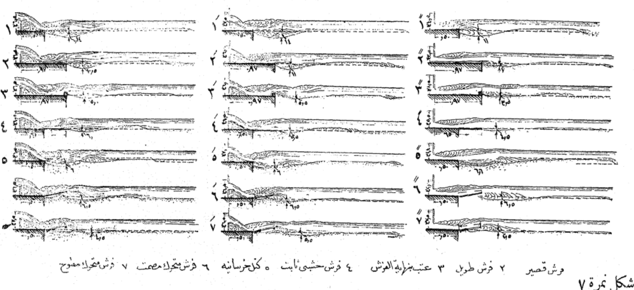
شكل نمرة ١٤



شكل نمرة ٥

شكل نمرة ٦

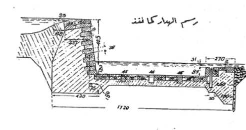
نتائج تجارب جرونر ولوخر لمقارنة النحر بقاع المجرى خلف أعمال الوقاية المختلفة



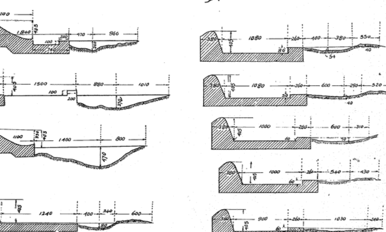
فرش قصير ٢ فرش طويل ٣ عتب بنهاية الفرش ٤ فرش خشبي ثابت ٥ كتل خرسانية ٦ فرش متحرك مصمت ٧ فرش متحرك مفتوح

شكل نمرة ٧

رسم الهدار كما نفذ

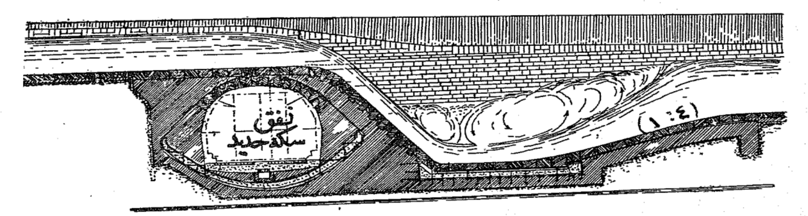


تجارب على النماذج قامت بها لجنة تعديل نهر الالبا لانشاء
هدار بالقرب من براج تبين مقارنة
النحر لاشكال مختلفة



شكل نمرة ٨





هدار السيل بزويح طبقا لنتائج تجارب الأستاذ REHBOCK

ارتفاع الهدار = ٤,٦٢ متر عمق البيارة = ٢,٨٠ متر

طول البيارة ٨,٠٠ متر

شكل ٩

٤٠-٦٠ س

١:١

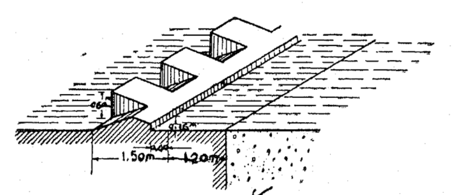
ع

الفرش

قاع المجرى

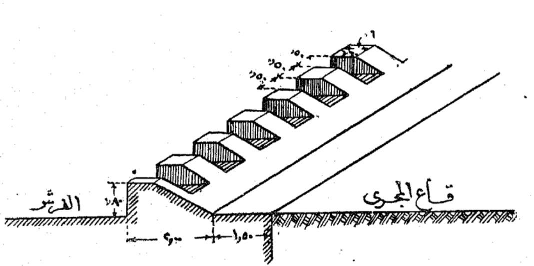
العتب المصمت كما يقترحه المستر بوتشر

شكل نمرة ١٠



العتب المسنن كما نفذه الاستاذ REHBOCK
بقنطرة SCHWORSTADT

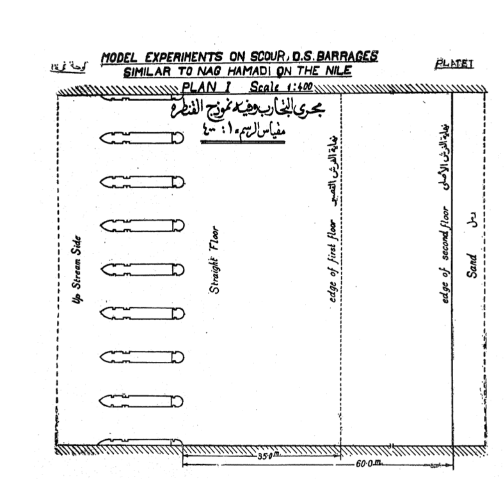
شكل نمرة ١١



العتب الذى عملت عليه التجارب بمدرسة الهندسة الملكية

شكل نمرة ١٢





لوحة نمرة١
MODEL EXPERIMENTS ON SCOUR, D.S. BARRAGES
SIMILAR TO NAG HAMADI ON THE NILE
PLATE I
PLAN I Scale 1:400
مجرى التجارب وفيه نموذج القنطرة
مقياس الرسم ١: ٤٠
Up Stream Side
Straight Floor
edge of first floor
edge of second floor
Sand
رمل
35·0m.
60·0m.

MODEL EXPERIMENS ON SCOUR, D.S. BARRAGES SIMILAR TO NAG HAMADI ON THE NILE

PLATE II

لوحة نمرة ٢

PLAN II Scale 1:400

Up Stream Side

Trough Floor

Sand رمل

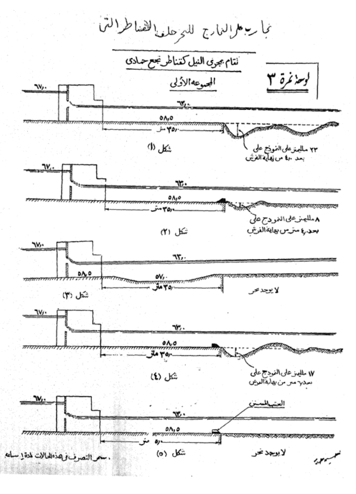
Partition wall حائط فاصل

Straight Floor

Sand

ملحوظه: هذا الرسم يبين تقسيم مجرى التجارب لقسمين لمقارنة النحر خلف فرشين كل منهما بتصميم مغاير للآخر

95.0 m.



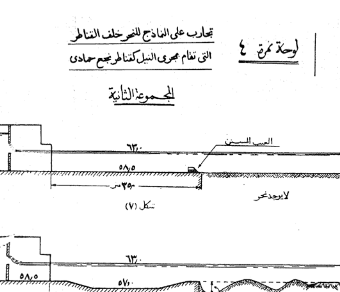
تجارب على النماذج للنحر خلف القناطر التي
نظام مجرى النيل كقناطر نجع حمادى
المجموعه الأولى
لوحة نمرة ٣
٦٧٫٠
٦٣٫٠
٥٨٫٥
٣٥٫٠ متر
٢٣ ملليمتر على النموذج على
بعد ٤٠٫٠ م من نهاية الفرش
شكل (١)
٨ ملليمتر على النموذج على
بعد ٤٠٫٠ متر من نهاية الفرش
شكل (٢)
٥٧٫٠
٣٥ متر
لا يوجد نحر
شكل (٣)
٣٥٫٠ متر
١٧ ملليمتر على النموذج على
بعد ٦٠ متر من نهاية الفرش
شكل (٤)
العتب المسنن
٥٠ متر
شكل (٥)
لا يوجد نحر
. سحب التصرف في هذه الحالات لمدة ١ ساعه



لوحة نمرة ٤

تجارب على النماذج للنحر خلف القناطر
التى تقام بمجرى النيل كقناطر نجع حمادى

المجموعة الثانية

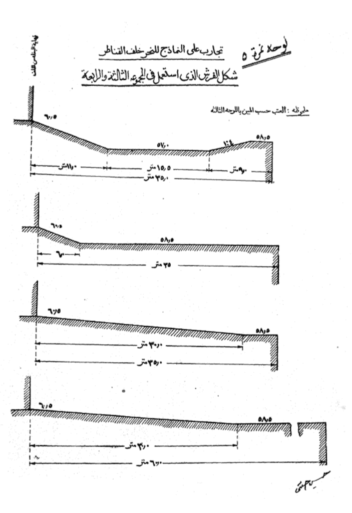


شكل (٧)

شكل (٨)

ملحوظه

بعد إستمرار المياه لمدة ثلاثه ساعات ابتدأت آثار النحر خلف الفرش الحوضى ثم استمر التصرف لمدة خمسة ساعات فكانت النتيجه كما هو مبين بعاليه .



لوحة نمرة ٥
تجارب على النماذج للنحر خلف القناطر
شكل الفرش الذى استعمل فى المجموعة الثالثة والرابعة
ملحوظة : العتب حسب المبين باللوحة الثالثة
٦٠٫٥
٥٧٫٠
١:٤
٥٨٫٥
١١٫٠ متر
١٥٫٥ متر
٩٫٠ متر
٣٥٫٠ متر
٦٠٫٥
٥٨٫٥
٦٫٠
٣٥ متر
٦٠٫٥
٥٨٫٥
٣٠٫٠ متر
٣٥٫٠ متر
٦٠٫٥
٥٨٫٥
٣٠٫٠ متر
٦٠٫٠ متر



لوحة نمرة ٦

تجارب على النماذج للنحر خلف القناطر
التى تقام بمجرى النيل كقناطر نجع حمادى

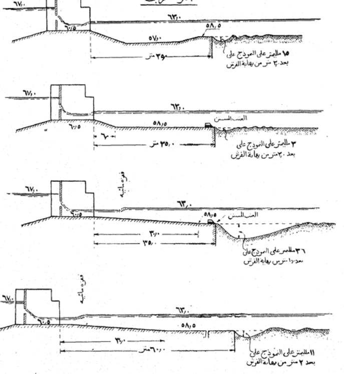
المجموعة الثالثة

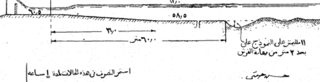
استمر الصرف فى هذه الحالات لمدة ساعة واحده

تجارب على النماذج للنحر خلف القناطر

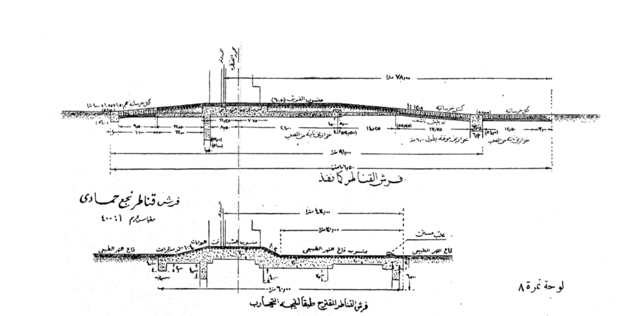
التى تقام مجرى النيل كقناطر نجع حمادى

المجموعة الرابعة

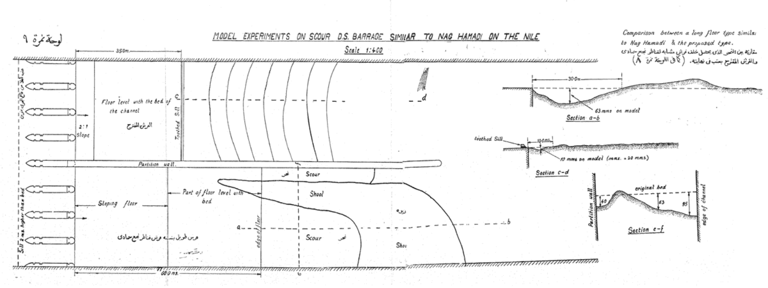




استمر الصرف فى هذه الحالات لمدة ١ ساعة



فرش القناطر كما نفذ
فرش قناطر نجع حمادى
مقياس الرسم ١ : ٤٠٠
قاع النهر الطبيعى
منسوب قاع النهر الطبيعى
فرش القناطر المقترح طبقاً لنتيجة التجارب
لوحة نمرة ٨



لوحة نمرة ٩
MODEL EXPERIMENTS ON SCOUR D.S. BARRAGE SIMILAR TO NAG HAMADI ON THE NILE
Scale 1:400
Comparison between a long floor type similar to Nag Hamadi & the proposed type.
مقارنة بين النحر الذى يحصل خلف فرش مشابه لقناطر نجع حمادى والفرش المقترح بعتب فى نهايته. (كما فى اللوحة نمرة ٨)
350m.
Floor level with the bed of the channel
الفرش المقترح
2:1 Slope
Toothed Sill
c
d
Partition wall.
Scour
Shoal
Sloping floor
Part of floor level with bed
edge of floor
a
b
Scour
Shoal
60.0 ms.
Sill 2 ms. higher than bed
30.0m
63 mms on model
Section a-b
toothed Sill
10 mms
10 mms on model (mms. = 20 mms.)
Section c-d
original bed
Partition wall
edge of channel
60
63
95
Section e-f

